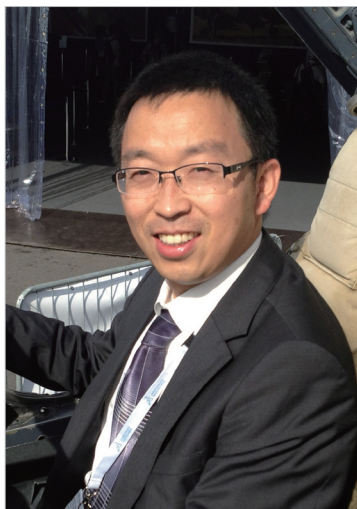


大飞机研发趋势带来的PLM 挑战与应对

PLM Challenge and Response Solution in Large Aircraft Development

达索系统公司 徐爱国



徐爱国

北京航空航天大学工学博士,曾供职于 IBM, 现任达索系统中国区航空航天高级技术经理, 负责和参与了达索系统在中国航空业的绝大多数重要 PLM 数字化咨询规划建设项目。

商用飞机研发趋势

波音 787 和空客 350XWB 作为最新的民机型号研制代表, 目前累积订单分别达到 1057 架和 748 架。商业上的巨大成功是市场对机型研发战略认同的最佳证明, 也促使我们来审视近年来商用飞机研发的趋势和挑战。

1 更加关注乘客体验

商业飞机研制的趋势推动数字化 PLM 研发平台的战略发展, 同时, PLM 平台的变革又反过来促进飞机研发模式的变革。只有紧紧把握数字化新技术在研制业务中的源动力, 围绕业务趋势变化和挑战开展针对性的数字化研发平台建设, 才能更好地实现数字化新技术的最大化价值。

首先, 传统的飞机研发主要将飞机总拥有成本 TCO (Total Cost of Ownership) 作为主要优化指标, 这也是为了满足航空公司的运营成本和保持竞争力的需求。当前 TCO 的优化仍是新机研发的重中之重, 波音的精益研发及空客的价值流优化都是以 TCO 优化为核心目标。除此之外, 从波音 787 及空客 A350XWB 研发开始, 波音、空客等巨头不约而同地更加关注乘客体验, 将最终客户舒适性需求纳入研发重心。复材的大规模应用就清晰地印证了这一点: 金属机身无法满足更大的舷窗、更低的客舱高度和更高的空气湿度, 而这正是乘客舒适度的重要指标。复材应用的一个重要驱动力便来源于此, 即便这种变革将面临大量的设计、工艺、制造等技术创新风险。同样, 作为空客公司“未来计划”的一部分,

空客公司调查了 2 万人对 2050 年乘坐飞机旅行的期望。得到的答案是: 更廉价、更绿色环保和飞行中更少的疲劳、更安静、更有乐趣。

2 全球化研发趋势

大飞机研发的全球化市场已然形成, 跨国的设计、制造、采购使得企业研发已经没有了地域的概念。主制造商已转变为主集成商, 波音 787 与风险共担的合作伙伴开展更紧密的合作, 合作伙伴将承担更多的角色, 更早地参与方案设计, 更多地参与系统集成和装配; 合作伙伴将从按图生产合作模式到共担风险, 承担部段和系统的设计、集成与装配。针对这种全球紧密协同研发的趋势, 主制造商需要确保全球所有内外部利益相关方的质量和一致性, 从而满足紧迫的投产时间要求以及对客户的承诺。

3 对系统集成与综合优化的更高需求

系统集成与综合在整个飞机产品研发中所占比重越来越高,除新材料应用外,机体结构的研发渐趋成熟,而系统集成和系统综合优化仍然有巨大的提升空间,波音、空客等均投入巨大精力开展这方面的研究。典型的例子如波音 787,它从能量综合优化以及乘客最佳体验的目标出发,采用多电综合系统取代传统的气源系统、环控系统,发动机启动、液压和机翼防冰等都使用电力作为动力,淘汰了沉重的管路系统及控制机构;消除了与气源系统相关的维修;同时从发动机中提取的能量大大减少,提升了燃油效率。最终的价值是带来更高的系统效率、更好的功率控制、更高的燃油效率、更少的维修、更低的运营成本、更舒适的飞行体验、更高的可靠性、更小的阻力和更低的噪声。

同样,欧盟的 CRESCENDO 和 CleanSky 项目,成员包括众多的航空主制造商、发动机和系统供应商、研究院所和软件厂商,研究方向包括全机能量优化、发动机供应商和系统供应商如何早期参与方案评估与权衡、系统综合优化及多电全电飞机等多个领域的研究。可以看出,复杂系统集成综合已然成为当前的研究热点。

数字化研发平台的应对策略

作为支撑飞机研发的 PLM 数字化研发平台,需要紧跟这些研制趋势及挑战,提供新的思路和架构支撑新机研发中面临的这些新课题,简单地说就是要回答以下几个问题:

(1) 如何实现市场和最终客户为导向的研发,也就是如何将客户纳入到研发体系中来;

(2) 面对越来越紧密的供应商协同和全球化多厂所研发趋势,数字化研发平台如何帮助航空企业构建这种新的业务模式;

(3) 面对比重越来越高、系统越

来越复杂的集成与综合,数字化研发平台如何来应对;

(4) 面对大量的由新材料采纳带来的设计、工艺、制造创新,数字化研发平台如何应对;

(5) 面对不断增加的法规要求及系统安装复杂性,数字化研发平台如何保证飞机的质量稳定性和合规性。

下面从以下几个脉络来看 PLM 产品发展战略及平台建设方向是如何来应对这些趋势及挑战的。

1 DMU 应用向飞机研制所有相关方拓展

传统 DMU (电子样机) 应用主要局限在设计、工艺、工装、检验及部分客服保障工程人员,并没有覆盖完整的飞机生命周期相关方。至于将客户纳入到研发体系中,实现用户导向的研发也就无从提起。A350XWB 在构建贯穿全生命周期的 DMU 主线时,拓展了 DMU 的概念和覆盖业务,将 DMU 的目标用户从工程人员向非工程人员拓展,从企业内部向合作伙伴、飞机最终用户和外部市场拓展,包括销售人员、客服人员、采购人员、质量及取证人员及航空公司用户,这些角色需要通过单一的 DMU 获取配置数据,开展分析和咨询,生成文档、报告和手册。这对支撑 DMU 环境的 PLM 工具及平台提出了更高的要求。达索推出的全新三维体验平台为满足该需求进行了一系列的整合收购,包括对企业搜索应用 Exalead 和 3D 可视化及营销解决方案提供商 RTT 的收购,目的就是通过各种轻量化视图、格式及数据组织方式,充分利用 3D 数字资产,将三维融入到围绕产品服务和使

产品的最终用户体验中。

2 构建统一 DMU 工程协调评审主线

构建统一 DMU 协调评审环境看似老生常谈,但随着上述全球越来越紧密的异地研发趋势以及近年来型号研制中暴露出的问题,例如型号研制中守住了局部的数据交付节点,却因为数据质量问题产生新的协调节点,并最终导致整体研制推迟;另外,本应在早期协调解决的设计缺陷在后期制造、安装、试验试飞甚至运营阶段才被发现。造成问题的一个主要原因是 DMU 评审点上需要开展的检查项不明确,评审中对各工作包的需求未充分开展确认和验证工作,每个评审点需要参与的专业及 DMU 数据需要达到的质量要求含混不清。当前 DMU 评审得到更多的重视,并从工具应用发展为强制性的业务流程。同时,基于 MBD 的研制模式的普遍应用,作为工程各阶段评审和研制问题管理的数字载体,DMU 对协调过程记录和更改追溯显得更为重要。

空客从 A380 到 A350XWB 研发平台最大的变革就是通过 VPM 构建全球统一的 DMU 环境,如图 1 所示。A350XWB 研发的重大挑战是与供应链紧密合作,加速研制进程,以实现按时交付。它确立的研制目标是缩短 25% 的研制周期;缩短 CDF (Customer Design Freeze) 到 EIS (Entry into Service) 的周期为 8 个月;设计



图1 A350XWB 构架在VPM上的全球统一DMU环境

冻结后生产速率快速提升,进入稳定量产。

空客认为 DMU 的质量和成熟度是实现这些目标的核心。解决途径就是构建全球统一的 DMU 环境,并将其重要合作伙伴涵盖在内,确保所有参与开发的工程师基于单一 DMU 环境工作,在单一环境中沟通交流和协调优化。A350XWB 采用的建设思路与之前的 A380 大不相同,其基本思路是减少 PDM 的覆盖范畴而将更多的业务流程放到 DMU 上开展。空客最新的数字化研发平台的核心要素归结为一句话就是“DMU 为主数据 (DMU as master): 所有的协调必须在单一 DMU 上开展,如果协调数据不在 DMU 上,它就不应该存在。”多达 4000 人通过达索 ENOVIA VPM 平台构建的 DMU 环境参与到 A350 XWB 项目中来,其中 85% 的人来自供应链。

通过准确且最新的产品信息,在整个价值链上开展协作,帮助空客显著减少了工程设计变更,同时确保 A350XWB 飞机项目按目标进程推进。空客在 A350XWB 首飞成功后宣布: 归功于单一 DMU 协调环境,首架样机近乎完美,工程变更数量降低到 A380 研制时的十分之一,实现了预先设定的目标。

3 围绕 MBSE 的 PLM 平台发展战略 飞机研制中系统的复杂性越来越

越高,而含混不清及拙劣的需求,法规和标准的不断更新和调整,成指数级增长的技术选项及系统方案数量,对飞机的成功研制都造成很大的风险,因而采用 MBSE (Model Based System Engineering) 手段开展全机的研制成为研发企业考虑的解决途径。波音提出 MBSE 是开发和维护高质量集成系统的关键,其致力于构建从概念阶段到报废阶段的系统模型,建立需求与功能组件、逻辑单元的关系,确保这些要素与系统设计、系统性能分析和权衡分析直接集成,以提升复杂系统设计的质量和效率。空客也在 A350XWB 上开展了 MBSE 实践,包括: 操作场景建模; 多系统建模,例如飞行器能源耗尽,电力能源骤减等建模仿真; 采用安全性功能建模解决故障传播; 多物理建模和仿真,如端到端燃油箱惰化分析等。同时,通过 MBSE 与其他手段结合(如铁鸟)来减少飞机试飞测试量。空客认为 MBSE 是其保持竞争优势的手段,其好处包括:(1) 降低研制风险;(2) 实现良好的需求可追溯性,提升更改影响分析效率和系统质量;(3) 产品开发规划的高度集成化;(4) 增加流程、方法和人员的效能;(5) 增加重用。

为适应上述的研制趋势,一些 PLM 厂商前瞻性地开始重新架构新的平台来适应 MBSE 研发模式,

按照系统工程研发思路定义数字化研发平台底层架构。例如达索系统推出的新一代三维体验平台所采用的 RFLP (R-Requirement 需求、F-Function 功能、L-Logical 逻辑、P-Physical 物理) 底层数据模型和以 Modelica 语言为基础的 CATIA SE 使得 MBSE 研发理念有了支撑的软件平台和工具。如图 2 所示,新的三维体验平台不再以物理设计为中心,而是按照系统工程思路,建立需求驱动的研制流程平台,将需求(技术指标、客户需求、适航条例等)与功能设计、逻辑设计和物理设计结合起来,保持研发过程的可追溯性,提前在虚拟设计阶段进行功能测试和验证,实现从“虚拟设计”、“虚拟制造仿真”到部分“虚拟性能测试”,最终为未来的“虚拟试飞”打下基础。现阶段广泛应用的 V5 平台主要建立全机几何样机,而要进行系统耦合、行为建模及性能仿真等工作,需要在系统工程方法论基础上,基于 RFLP 融合全新的 CATIA SE 模块进行飞控、燃油、液压等多专业建模仿真和耦合,进而建立功能性样机,将对设计质量改进、系统方案权衡、系统总体分析、可靠性研究、综合测试等内容提供分析基础和保障,也为需求工程师、总体设计人员、系统架构师、系统设计人员、空间敷设人员等架设了一座沟通的桥梁。

需要说明的是,真正的系统工程研制流程在飞机的研制中落地还需要一套系统工程方法学作为支撑,比较主流的有 Harmony 方法论。该方法论是一种自顶向下的方法。适用于系统级顶层架构,采用 OMG 提出的 SysML 标准化语言支撑模型驱动开发(MDD),也有成熟的工具支撑,缺点是该方法是一种自顶向下的方法,对如何重用没有进行定义;另外, SysML 语言对于没有软件工程背景的工程师(例如机械工程师、电气工程师等)来说很难掌握,需要专业

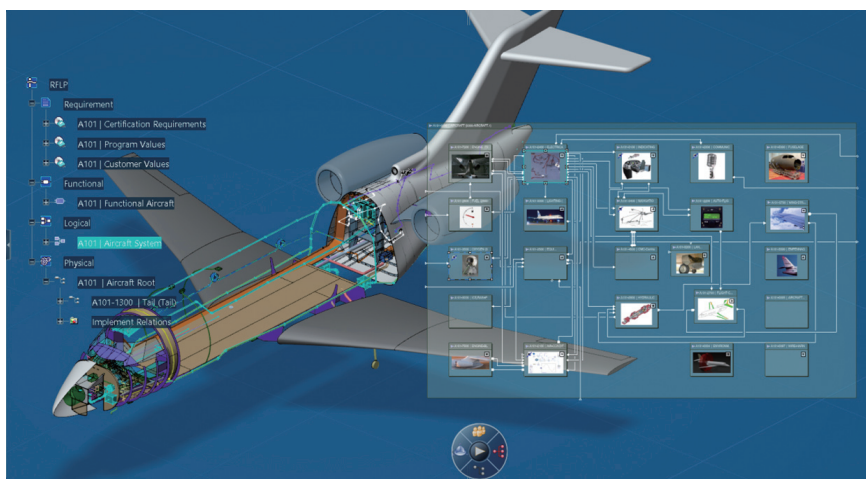


图2 基于RFLP的功能性能样机平台

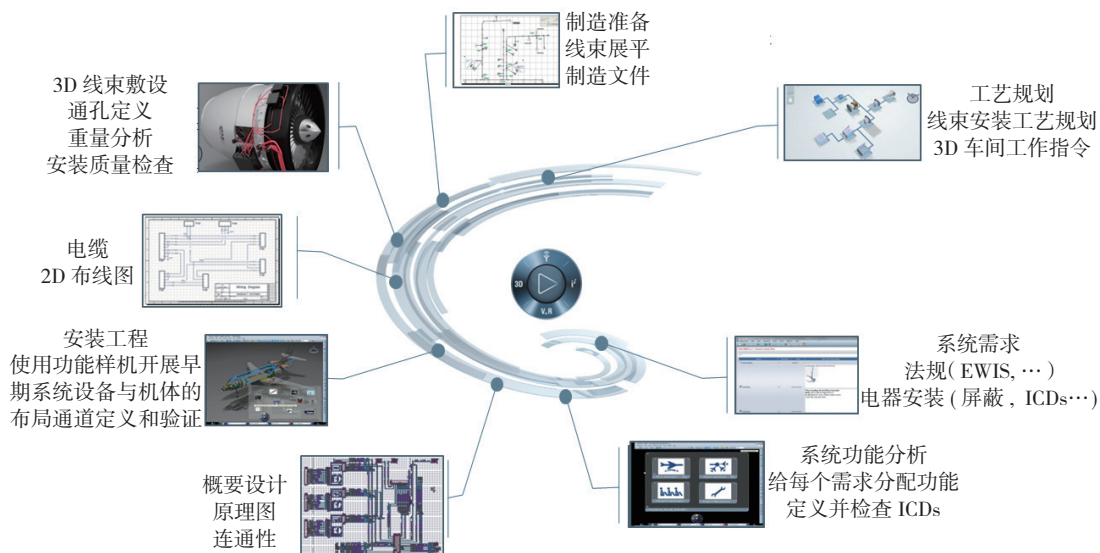


图3 完整的电器系统开发一体化方案

人士来对系统进行建模。另外,还有 CESAMES matrix 方法论(俗称 9 视图或 9 宫格方法论),其通过使用不同的视图(操作视图、功能视图、逻辑组件视图),为系统复杂性的管理提供一个全面的、系统化的方法。

精益价值流

PLM 研发平台如何解决由新材料采纳带来的设计、工艺、制造创新?如何解决不断更新的法规要求及系统安装复杂性带来的质量和合规性要求?达索给出的答案是结构和系统的精益价值流方案。简单的说,精益价值流就是实现数字量的连续传递。随着数字模型数据成为研制中流转的主参考数据,如何最大化利用这些数字信息是精益价值流的核心内容,其对数据质量、研制成本有着巨大的影响。举例来说,一架大型客机有超过 600km 的线缆长度总和,数万个线束分段、连接件和支撑件,上千个线束装配……浩大的工作量和复杂程度对工期和质量控制是一个挑战。而这其中涉及系统架构师、电气系统工程师、电缆敷设设计师、工艺规划人员、线缆安装人员等多个角色,如果各个角色采用不同的工具工作,数字量在这些角色间无法



图4 一体化数字解决方案确保A350XWB电气线束物理安装高效开展

顺畅传递,将会出现:(1)设计不连续,无法一致性检查,电器原理更改导致下游影响分析困难;(2)三维线束设计无法包含足够的制造安装信息,线束设计与电器安装图信息不一致;(3)无法早期开展电器连通性验证;(4)无法早期开展安装规则验证;(5)线束设计不符合性无法早期发现。

A350XWB 飞机的电气线束安装采用达索的精益价值流方案(如图 3、4 所示),简化了流程,提高了整体设计质量,且端到端线束安装进程得到协调。据空客测算,工程师将安装升级时间缩短了 50%,而生成的设计

变更请求减少了 25%。整体上实现了数字化安装、调试及确认,如果有错误,能确保在物理安装之前就纠正这些错误。

结束语

商业飞机研制的趋势推动数字化 PLM 研发平台的战略发展,同时,PLM 平台的变革又反过来促进飞机研发模式的变革。只有紧紧把握数字化新技术在研制业务中的源动力,围绕业务趋势变化和挑战开展针对性的数字化研发平台建设,才能更好地实现数字化新技术的最大化价值。

(责编 杰一,谷雨)